

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

An Abstract of Japanese Patent Application Laid-open
No.63-33706 (1988)

PURPOSE: To suppress the radiation loss by continuously changing the refractive index distribution in the axial direction while keeping the normalized frequency of a fibrous element, which consists of a core layer and a cladding layer, approximately constant.

CONSTITUTION: A fiber type optical wave circuit element consists of a core layer 51 and a cladding layer 52, and the cross section of the core layer 51 in both ends 51a and 51b has about circular symmetrical shape, and the normalized frequency is kept approximately constant between both ends 51a and 51b and the refractive index distribution is so set that the electromagnetic field distribution is continuously spread in the axial direction. Consequently, the incident optical wave from one end 51a keeps the peculiar mode while suppressing the radiation loss during propagation and reaches the other end 51b. If the cross section shape of the core layer 51 in both ends 51a and 51b is set in accordance with the electromagnetic field distribution of the optical wave circuit element connected to both ends 51a and 51b, the radiation loss accompanied with mismatching of the electromagnetic field distribution due to connection is suppressed.

内閣府

するためにコア領域及び／又はサブティーン領域に属する点の数を算出する。このようにして、コア領域及び／又はサブティーン領域に属する点の数の合計が、コア領域及び／又はサブティーン領域に属する点の数の総数と一致することを確認する。

屈折率分布が非円形状であると共に、屈折率分布を生起するためにコア領域及び/又はクラッド領域に与えら

一定に保ちつつ、屈折率分布が単一モード条件を満たし

ながら軸方向に連続的に変化していることを特徴とする
フライバ型単一モード光波回路素子に係る。

第三の発明は、軸方向に一樣な屈折率分布を有する単一モードフライバに対して軸方向に沿って分布加熱を施すことにより、コア材及び/又はクラッド領域の中核のドーパントを拡散させ、フライバの屈折率分布を軸方向に単一モード条件を満たしながら連続的に変化させることを特徴とするフライバ型単一モード光波回路素子の製造方法に係る。

【作用】

第一の発明のフライバ型単一モード光波回路素子の基本形態は第1図に示される。図において、1はこの発明のフライバ型単一モード光波回路素子であり、コア領域2とクラッド領域3とからなるフライバ状の素子として構成されている。屈折率分布を生成するためにコア領域及び/又はクラッド領域に含有させたドーパントの横断面内総量を素子全長にわたって一定に保たれている。そして、各横断面における屈折率分布は一例として第2図から第4図に示すように、その軸方向に単一モード条件を満たしながら連続的に変化し、即ちドーパント分布もその横断面内総量を一定に保ったまま分布形状が軸方向に連続的に変化しており、素子形状は全体としてほぼ一定に保たれるように形成されている。

ここで、単一モード条件とは、例えばコアの横断面が円形であり、また仮定したとき、コアの半径を a 、コア及びクラッド領域の屈折率をそれぞれ n_1, n_2 とし、伝播する光の真空中波長を λ とした場合、
$$V = (2\pi/\lambda) a \sqrt{n_1^2 - n_2^2} < 2.4048$$
の関係式で定義される正規化周波数 V が、以下であることを意味する。

従って、この素子1の一端1a側の屈折率分布に対応する固有モードを有する光波を一端1aから入射させると、素子の中を伝播するに使いドーパント分布がその固有モード分布に対応した屈折率分布に変化しながらその固有モードを保持して他端1bに到達し、且つ軸方向への屈折率分布が得られに変化していることから、素子中を伝播する光波の放射モードへの結合を抑制することができ、一端1aから他端1bへの電磁界分布の変形を低損失で行なうことが可能となる。

尚、「屈折率分布が連続的に変化している」とは第1図に示したようなドーパント濃度の変化に限定されず、要は単一モード条件を満たしながら得られる変化が形成されているればよい(以下、同様に解釈する。)

第二の発明のフライバ型光波回路素子の基本的概念は第3図に示される。図において、4はこの発明のフライバ型単一モード光波回路素子であり、コア層5とクラッド領域6とからなるフライバ状の素子として構成されている。

そして、一例として第3図における L_1 、 L_2 及び L_3 、 L_4 、 L_5 、 L_6 、 L_7 で示される面の各屈折率分布をグラフにす

ると、 $m=1$ の面においては第4a図及び第5a図に示すようにその屈折率分布が非円形形状であり、一方、 $m=3$ の面における屈折率分布は第4b図及び第5b図に示すように略円形形状となっている。

そして、 $m=1$ の面 $m=3$ の面との間ではその屈折率分布が連続的に変化しており、第4a図及び第5a図はこの連続的に変化している途中の一横断面の屈折率分布を示したものである。尚、前記には屈折率分布についての一例として一端が円形形状、他端が略円形形状であることを挙げたが、この発明においては両端が非円形形状のもの、両端が略円形形状であるが任意の横断面が非円形形状であるものを含む。

この発明の素子もドーパントの横断面内分布総量が素子全長にわたって一定に保たれつつ軸方向への屈折率分布が単一モード条件を満たしながら得られに変化していることから、素子中を伝播する光波の放射モードへの結合を抑制することができ、一端から他端への電磁界分布の形状を低損失で行ない得る。この素子の他の利点は、従来の光波回路素子を構成する場合にその出入力端における横断面的不整合即ち電磁界分布の不整合に伴う放射損失を抑制することができ、その点にある。例えば、接続される素子が光波線状回路型の素子で非円形形状の屈折率分布を有しているような場合に、この発明の素子の接続部の屈折率分布をその屈折率分布に整合させておけば、放射損失を非常に低く抑制することが可能となる。

上記発明のフライバ型単一モード光波回路素子の使用例あるいは製造技術の基本的概念は第6図に示される。

図において、7及び8はそれぞれコア層 $7a$ 、 $7b$ とクラッド領域 $8a$ 、 $8b$ からなる第1及び第2の素子部であり、伝播する光波の電磁界分布はある横断面11a、11bで十分に広がるように屈折率分布を軸方向に連続的に変化させてある。そして、その横断面11a、11bの間は、キヤッパシタとして構成されている。

従って、伝播する光のスポットサイズはそのキヤッパシタで十分に大きくなり、キヤッパシタに導電作用の無い他の素子を介した場合には、光波の屈折による損失を低く抑制することができ、

一端の光フライバの間に導電作用のない光素子を挿入するとフライバを伝播する光波の電磁界分布の広がりが小さくなるため、この発明のフライバ型単一モード光波回路素子は電磁界分布を横断面11a、11bで十分に広がるように屈折率分布を軸方向に連続的に変化させてあるため、そのめでの放射損失を極めて低くすることができるとなる。

第三の発明のフライバ型単一モード光波回路素子の製造方法の基本的概念は第7図に示される。同図において、13はフライバコア層であり、横断面形状が非円形形状であるコア用フライバ $13a$ を、二重化した構成を有してインジウムフライバ $13b$ を

いる。

そして、このフライバコア層13aには線引き用加熱炉6が施されつつ線引きされて単一モードフライバ17が形成される。この線引きは周知の技術である。本発明においてはその線引きされたフライバに軸方向に沿って更に分布加熱8を施すことに特徴がある。

この分布加熱8は、第8図に示すようにコア材14a及び/又はクラッド材15aの中に含まれているドーパントをその境界面付近19で拡散させることにより、単一モードフライバ17の各横断面における屈折率分布を軸方向へ連続的に変化させる役割を果たす。即ち、分布加熱8aにおいて、大きな熱量で加熱した部分については、横断面内の半径方向へのドーパントの拡散が長くなり、小さな熱量で加熱した部分についてはドーパントの横断面内の半径方向への拡散長が短くなることから、加熱の分布を適宜制御することによって屈折率分布を単一モードフライバ17の軸方向に沿って連続的に変化させることが可能となる。

尚、ここで「分布加熱」とは、単一モードフライバ17の軸方向に温度分布をつけて加熱する場合だけでなく、単一モードフライバ17の所定部を局部的に加熱するような加熱型も含む概念である。また、コア材14a及び/又はクラッド材15aの中に含まれているドーパント量は本発明の均一であり、従って単一モードフライバ17における単位長さ当たりのドーパント総量は一定であることから、分布加熱8を施した後の単一モードフライバ17によって横断面内を伝播する光波回路素子の屈折率分布が軸方向に沿って単一モード条件を満たしながら変化したものとなる。

尚、この発明においては、フライバコア層13aを線引きするにあたり、各フライバコア層13aはガラスが選ばれており、また屈折率を変化させるドーパントとしては、例えば、カリウムイオンを用いることができるが、大きな屈折率変化を得るためには、電子分価率の大きな、例えばタリウムイオンを用いることが望ましい。

【実施例】

実施例1 (第一の発明に対応)

第9図は、本発明の第一の発明のフライバ型単一モード光波回路素子の一実施例を示すものである。図において、9aはコア層であり、9bはクラッド領域である。ここでは、両端9a、9bにおけるコア層9aの横断面形状は略円形形状になつており、両端9a、9bの間においては横断面内ドーパント総量が一定に保つように、屈折率分布が軸方向に単一モード条件を満たしながら連続的に変化している。この変化の様子は第9図における L_1 、 L_2 、 L_3 で示される横断面で、それぞれ第9a図、第9b図及び第9c図に示されるように連続的に電磁界分布が広がるように設定されている。

従って、一端9aから入射した光波は、伝播中の放射損失が抑えられながら、

51aに到達する。また、両端51a、51bに接続される光波回路素子の電磁界分布に対応させて両端51a、51bのコア層510の横断面形状を決定しておけば、接続による電磁界分布の不整合に伴う放射損失を抑制することができるとため場合素子としての機能を有する。

実施例2 (第二の発明に対応)

第10図は、本発明の第二の発明のフライバ型単一モード光波回路素子の一実施例を示すものである。図において、10aはクラッド領域である。

ここに、コア層91の一端91aの横断面形状は略円形形状であり、他端91bの横断面形状が略円形形状になつており、屈折率分布は、一端91aにおいては第11a図に示すように21-21軸について矩形形状の分布で、且つ軸方向に傾いて非円形形状の分布をなしており、他端91bにおいては第11b図に示すような円形形状の屈折率分布をなしている。そして、両端91a、91bの間においては、コア層91の横断面形状が略円形形状から略円形に連続的に変化している。第10図における21-21で示される面の屈折率分布は第11a図に示され、矩形形状の分布から円形形状の分布へ移行する過渡的な段階を示している。

使用例

第12図は、本発明のフライバ型単一モード光波回路素子の一例を示すものである。図において、12aはフライバ型回路素子であり、コア層92とクラッド領域93及び接続素子94をコア層92を含む横断面の一部を削除して得たキヤッパシタとからなる。

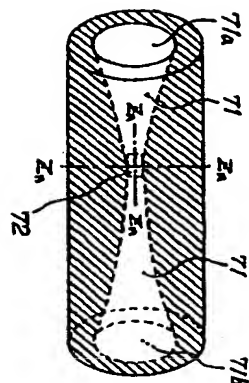
そして、横断面12aと12b及び横断面12cと12dでは屈折率分布が異なっており、横断面12aと12b及び横断面12cと12dの間では屈折率分布が連続的に変化している。ここに重要なことは、横断面12bと12cにおいて伝播光の固有モードの電磁界分布が十分に広がるように、即ち伝播光のスポットサイズが十分に大きくなるように屈折率分布が設定されていることである。

このように設定することにより、この素子94を伝播する光波はキヤッパシタの部分で導電作用が無いにもかかわらず、横断面12bから横断面12cへの小さな反射損失で伝播することができ、第12図は屈折率 n_1 を有する物質(例えばシリコン)を用いた光波回路素子をキヤッパシタの間に介したときのキヤッパシタの層(即ち、介電物質の

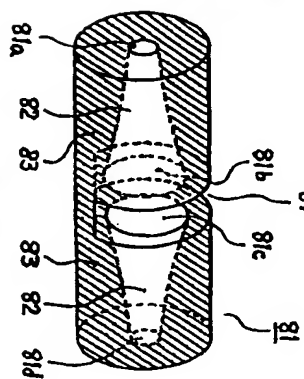
(9)

特許2530823

【第12図】



【第13図】



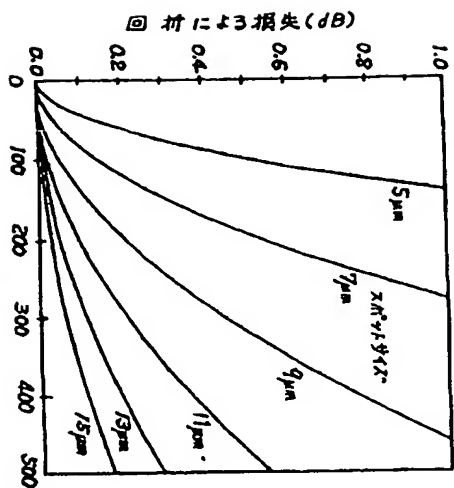
フロントページの続き

(56) 参考文献 英特 昭48-91948 (J.P., U)
特公 昭56-7202 (J.P., B2)

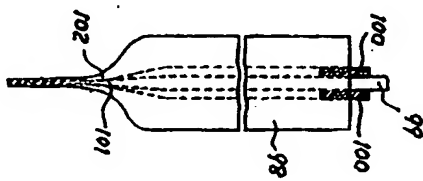
(10)

特許2530823

【第14図】



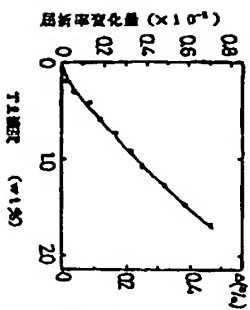
【第17図】



【第20図】

光ファイバーの損失 (dB)

【第18図】



【第19図】

